

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-282341

(43)Date of publication of application : 23.10.1998

(51)Int.Cl.

G02B 6/00

G02B 6/24

(21)Application number : 09-092377

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 10.04.1997

(72)Inventor : ISHIKAWA SHINJI

SUGANUMA HIROSHI

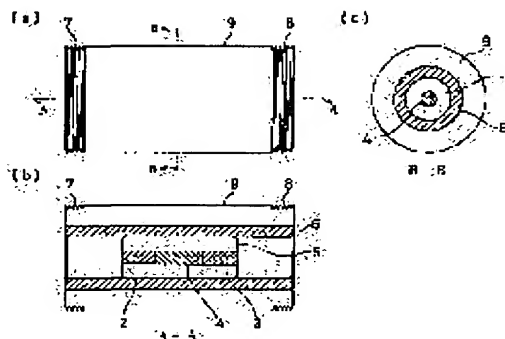
NAKAMURA NAOMI

## (54) OPTICAL FIBER FIXED ATTENUATOR

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical fiber fixed attenuator of dissimilar fiber connection type whose attenuation ratio is small in wavelength dependency.

SOLUTION: An optical fiber 4 for attenuation is connected between optical fibers 2, 3 for input and output, and enclosed in and fixed to a ferrule 5. The ferrule 5 is fixed in a sleeve 6, and further fixed in a housing 9 having tightening parts 7, 8 at each end to constitute an optical fiber fixed attenuator of connector type. The optical fiber 4 for attenuation and the optical fibers 2, 3 for input and output are different in MFD (Mode Field Diameter), and the cut-off wavelength of either optical fiber which is small in MFD value is longer than that of other optical fibers. The light can be attenuated by the connection loss between dissimilar fibers. A ratio of MFD of a connection part becomes approximately constant by the difference in the cut-off wavelength irrespective of the wavelength, and the wavelength dependency in the attenuation ratio is reduced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

- [Date of sending the examiner's decision of rejection]
- [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
- [Date of final disposal for application]
- [Patent number]
- [Date of registration]
- [Number of appeal against examiner's decision of rejection]
- [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
- [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

最も近い？

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-282341

(43) 公開日 平成10年(1998)10月23日

(51) Int.Cl.<sup>4</sup>

G 0 2 B 6/00  
6/24

識別記号

3 1 1

F I

G 0 2 B 6/00  
6/24

3 1 1

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-92377

(22) 出願日 平成9年(1997)4月10日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 石川 真二

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 菅沼 寛

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 中村 直美

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

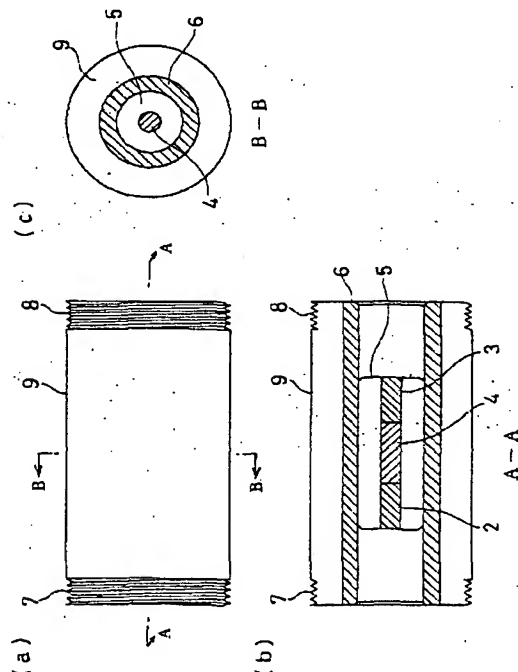
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54) 【発明の名称】 光ファイバ型固定減衰器

(57) 【要約】

【課題】 減衰率の波長依存性が少ない異種ファイバ接続型の光ファイバ型固定減衰器を提供する。

【解決手段】 入出力用光ファイバ2、3の間に減衰用の光ファイバ4が接続されており、それらがフェルル5中に封入されて固定されている。このフェルル5は、スリーブ6中に固定された上で、さらに両端に締結部7、8を有するハウジング9中に固定されて、コネクタ型の光ファイバ型固定減衰器1を構成している。減衰用光ファイバ4と入出力用光ファイバ2、3とはMFDが異なり、MFD値の小さいいずれかの光ファイバの遮断波長が他の光ファイバの遮断波長より長い構成になっている。この異種ファイバ間の接続損失によって光を減衰することができる。また、この遮断波長の違いによって接続部のMFDの比率が波長によらずにほぼ一定になるので、減衰率の波長依存性が低減される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 入出力光ファイバの間にモードフィールド径の異なる異種光ファイバが融着接続されており、モードフィールド径の小さいいずれかの光ファイバが他の光ファイバより遮断波長が長いことを特徴とする光ファイバ型固定減衰器。

【請求項2】 前記異種光ファイバ及びこれの両端に融着接続された前記入出力光ファイバがフェルール中に封入され、前記フェルールは、ファイバコネクタ内に固定されていることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ型固定減衰器。

【請求項3】 通信ラインの2本の入出力光ファイバを接続するコネクタ内に固定されたフェルール内に前記入出力光ファイバとモードフィールド径が異なる異種光ファイバが融着接続されて封入されており、前記異種光ファイバが入出力光ファイバよりモードフィールド径が大きいときは前記異種光ファイバの遮断波長が前記入出力光ファイバの遮断波長より短く、前記異種光ファイバが前記入出力光ファイバよりモードフィールド径が小さいときは前記異種光ファイバの遮断波長が前記入出力光ファイバの遮断波長より長いことを特徴とする光ファイバ型固定減衰器。

【請求項4】 前記異種光ファイバの遮断波長は、使用波長よりも短いことを特徴とする請求項1あるいは3のいずれかに記載の光ファイバ型固定減衰器。

【請求項5】 前記異種光ファイバは、前記入出力光ファイバと同種の屈折率分布構造を有する光ファイバであることを特徴とする請求項1あるいは3のいずれかに記載の光ファイバ型固定減衰器。

【請求項6】 前記異種光ファイバはステップインデックスコア型光ファイバであることを特徴とする請求項5記載の光ファイバ型固定減衰器。

【請求項7】 前記異種光ファイバのファイバ長は5mm以上であることを特徴とする請求項1あるいは3のいずれかに記載の光ファイバ型固定減衰器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバ網において光信号レベルの調整に用いられる光ファイバ型固定減衰器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】光通信網を構築する際に、送信側と受信側の距離の差に応じて受信側に入力する光量レベルに差が生じる。この光量レベル差が大きいと、近距離側では光量が飽和する一方で、遠距離側では光量が小さくなりすぎてS/N比が劣化するなど通信の障害となる。この受信側の光量レベルを一定に保つために光量の大きな近距離側のラインに挿入して光量を減少させる光固定減衰器が用いられている。

【0003】このような光固定減衰器の一種として、モードフィールド径(MFD)の異なる光ファイバを接続して使用する鈴木らの「異種ファイバ接続に関する検討」(1993年電子情報通信学会秋季大会B-789)で開示されている技術がある。

【0004】この技術は、図11に示されるように、MFDの異なる光ファイバ21、22を接続するものであり、それぞれの光ファイバ21、22のMFDが異なるために両者の電磁界分布も異なってくるため、送信側光ファイバ21から伝送された光の一部は、受信側光ファイバ22のクラッド部に放射されて、伝送されずに失われる。この損失を利用して光を減衰させることができる。

【0005】この場合、光ファイバの界分布をガウス形分布とすると、Marcuseの近似式より、接続される光ファイバのMFDをそれぞれ $2W_1$ 、 $2W_2$ とすると、他の損失要因が存在しない場合の接続損失 $L$ は、
$$L = 1 - (2R / (1 + R^2))^2 \quad (1)$$

$$R = W_2 / W_1 \quad (2)$$

で与えられ、 $W_1$ と $W_2$ の比 $R$ に依存することになる。

【0006】MFD値自体は、波長に依存するが、正規化周波数 $V$ 値が同一のファイバについては、MFDの比は波長によらずに一定になるため、接続損失は理論的には、波長に依存しない値となる。 $V$ 値は、遮断波長 $\lambda_c$ に比例するので、結果的に $\lambda_c$ が同一のときは、接続損失が波長に依存しないことになる。表1に示される光ファイバの組み合わせについての接続損失の理論計算例を図12に示す。

## 【0007】

## 【表1】

	ケース1	ケース2	ケース3
光ファイバA	10.4 $\mu$ m	10.42 $\mu$ m	10.4 $\mu$ m
比屈折率差 0.34%	1.30 $\mu$ m	1.10 $\mu$ m	1.30 $\mu$ m
光ファイバB	4.28 $\mu$ m	4.33 $\mu$ m	4.43 $\mu$ m
比屈折率差 2.00%	1.30 $\mu$ m	1.40 $\mu$ m	1.00 $\mu$ m

上段は波長1.55 $\mu$ mにおけるMFD、下段は遮断波長

【0008】正規化周波数 $V$ が同じ、すなわち、遮断波長 $\lambda_c$ が同一の光ファイバを接続したケース1の場合には、理論計算上では接続損失の波長依存性が消失している。この接続損失を利用することにより、減衰量の波長

依存性のない減衰器を作成することができる可能性がある。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このような異

種ファイバ接続型の光減衰器において、遮断波長 $\lambda_c$ が同一の異種ファイバを用いても、融着接続時のドーパント拡散などにより実際のモードフィールド径の波長依存性は、それぞれの接続された光ファイバで異なってくる。このため、それぞれの光ファイバのMFDの比が波長により一定にはならず、接続損失に波長依存性が生じていた。

【0010】本発明は、減衰率の波長依存性が少ない異種ファイバ接続型の光ファイバ型固定減衰器を提供することを課題とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の光ファイバ型固定減衰器は、入出力光ファイバの間にMFDの異なる異種光ファイバが融着接続されており、MFDの小さいいずれかの光ファイバが他の光ファイバより遮断波長が長いことを特徴とする。これにより、融着接続によって生ずる長波長ほど接続損失が小さくなる傾向が補償される。

【0012】また、異種光ファイバ及びこれの両端に融着接続された入出力光ファイバがフェルール内に封入され、フェルールはファイバコネクタ中に固定されていてもよい。これにより、本発明の固定減衰器は、通信ライン中の接続部にコネクタとして固定される。

【0013】あるいは、本発明の光ファイバ型固定減衰器は、通信ラインの2本の入出力光ファイバを接続するコネクタ内に固定されたフェルール中に入出力光ファイバとMFDが異なる異種光ファイバが融着接続されて封入されており、異種光ファイバが入出力光ファイバよりMFDが大きいときは異種光ファイバの遮断波長が入出力光ファイバの遮断波長より短く、異種光ファイバが入出力光ファイバよりMFDが小さいときは異種光ファイバの遮断波長が入出力光ファイバの遮断波長より長いことを特徴とするものでもよい。

【0014】これにより、通信ライン中に異種光ファイバが挿入され、異種光ファイバとの接続損失により、送信側から送信されてきた光の光量が減衰して受信側の光ファイバに送られる。

【0015】一方、本発明の光ファイバ型固定減衰器に用いられる異種光ファイバの遮断波長は、使用波長よりも短いことが好ましい。これにより、光ファイバ型固定減衰器内において使用波長の光は単一モード条件を満たす。

【0016】または、異種光ファイバは、入出力光ファイバと同種の屈折率分布構造を有する光ファイバであることが好ましい。これにより、両方のファイバ内の電界パワー分布形状が同種の形状となる。

【0017】さらに、異種光ファイバはステップインデ

ックスコア型光ファイバであればより好ましい。これにより、通常的光伝送路と同種の屈折率分布構造を有する。

【0018】また、異種光ファイバのファイバ長は5mm以上であることが好ましい。これにより異種光ファイバ部分の漏洩モードの光路長が長くなり、漏洩した光のコアでの再結合が低減される。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。図1は、本発明の一実施形態の光ファイバ型固定減衰器の構造図である。

【0020】この光ファイバ型固定減衰器1の構成をまず説明する。減衰器1が接続される外部の通信用光ファイバと同一の光ファイバにより構成される2本の入出力用光ファイバ2、3の間に減衰用の異種光ファイバ4が融着接続されており、それらが円筒形のフェルール5の軸中心に封入されて固定されている。フェルール5には、プラスチック等の樹脂やセラミック、ガラス管等を使用することができる。フェルール5の端部は図1に示されるような円筒形でも、テーパをつけた円錐形でも良い。このフェルール5は、割り入れを有する中空円筒状のスリーブ6の中央部分に固定されており、スリーブ6の両端は開放されている。この両端に通信用光ファイバを固定したフェルールが挿入される。このスリーブ6には、金属やセラミック製のものをを用いることができる。

【0021】このスリーブ6は、さらに両端に締結部7、8と中心に円筒形の空間を有するハウジング9の円筒空間中に固定されて、コネクタ型の減衰器1を構成している。ハウジング9は金属やセラミック製のものをを用いることができる。ここで、締結部7、8はともに図1に示されるようにともに雄ネジ形式のものでも、いずれかあるいは両方が雌ネジ形式のものでも用途によって組み合わせればよい。また、ネジ締結のほかにはバヨネット締結やスナップインタイプの締結部とすることもできる。

【0022】この減衰器1に使用する光ファイバ2~4の特性パラメータを表2に示す。ここで、光ファイバ2~4は、いずれもステップインデックスコア型の光ファイバとする。減衰用光ファイバ4のMFDは4.33  $\mu$ m、遮断波長 $\lambda_c$ は1.4  $\mu$ mで、入出力光ファイバのMFD10.42  $\mu$ m、遮断波長 $\lambda_c$ 1.1  $\mu$ mに比較して、MFDは小さく、遮断波長 $\lambda_c$ は長くなっている。

【0023】

【表2】

	入出力光ファイバ2、3	減衰用光ファイバ4
比屈折率差	0.34%	2.00%
MFD (波長 1.55 $\mu$ m)	10.42 $\mu$ m	4.33 $\mu$ m
遮断波長	1.10 $\mu$ m	1.40 $\mu$ m

【0024】続いて、この減衰器1の使用状況に基づいてその動作を説明する。この減衰器1は、2本の通信用光ファイバの間に挿入されて使用される。具体的には、2本の通信用光ファイバのそれぞれの接続端は、フェルル5端面に対応する端面が接するフェルル中に封入されており、このフェルルは減衰器1の締結具6、7に対応する締結具を有するハウジング中に予め固定されている。これらの締結具により各々の通信用光ファイバは、コネクタ型の減衰器1と接続されるが、この際にスリーブ6中に通信光ファイバのフェルルが挿入されて、それぞれのフェルルとフェルル5の端面が突き合わされるので、それぞれの通信光ファイバはフェルル5中に固定されている光ファイバ2～4と軸位置が一致するように固定される。このようなコネクタ構造とすることで、通信用光ファイバへの減衰器1の挿入が容易になる。

【0025】送信側の通信用光ファイバから送られてきた信号光は、入力用光ファイバ2を経て、減衰用光ファイバ4に入射する。この時に、入力用光ファイバ2より減衰用光ファイバ4のMFDが小さいため、減衰用光ファイバ4では、送られてきた信号光の一部が導波モードから放射モードに移行してクラッド部から外部へ放出される。これが損失となり、信号光の光量を減衰させることができる。減衰用光ファイバ4のコア部をそのまま導波した光は出力用光ファイバ3に入射する。このときにもMFDの違いにより、コア部を導波してきた信号光の一部が放射モードに変換され、出力用光ファイバのクラッド部へ放出されて失われる。これにより減衰された信号光が、出力用光ファイバ3を経てこれに接続された外部の受信側の通信用光ファイバに送られる。

【0026】使用波長が減衰用光ファイバ4の遮断波長より長い場合は、入出力光ファイバ2、3及び減衰用光ファイバ4のいずれにおいても単一モード条件が保たれるので、接続面でのモード変換は起こらず、これに伴う損失が発生しないので、これによる減衰率の波長依存性は発生せず好ましい。特に、減衰用光ファイバ4のMFDが入出力用光ファイバ2、3のMFDより大きい場合、本発明によれば、減衰用光ファイバ4の遮断波長は入出力用光ファイバ2、3の遮断波長より短くなるので、入出力用光ファイバ2、3で単一モード条件を満たす波長範囲では、減衰用光ファイバ4の単一モード条件は常に満たされるので、より好ましい。

【0027】異種接続部分の接続損失の波長依存性を確認するため、本願発明者は、遮断波長の異なる三組の異種光ファイバの組み合わせについて損失の波長依存性を

調べる実験を行った。実験した光ファイバの組み合わせは、表1に示したものと同一である。実験結果を図2に示す。

【0028】図2に示されるように、MFDが小さい光ファイバの遮断波長が長くなっているケース2が、もっとも損失の波長依存性が少なくなっていることが分かる。前述したように、理論的には、遮断波長が同一の光ファイバの組み合わせであるケース1で損失の波長依存性がなくなるはずだが、これとは異なる結果となっている。これは、以下のような理由によると考えられる。図3は、この実験で用いたケース1の光ファイバA、BのMFDの波長依存性を示すグラフである。比屈折率差が大きくMFDが小さい光ファイバBと、比屈折率差が小さくMFDが大きい光ファイバAとは、MFDの比は波長によらずに一定になっている。

【0029】しかしながら、比屈折率差の大きい光ファイバBは、融着時のドーパントの熱拡散により、融着部における光の閉じ込め効果が弱くなっている。この結果、MFDの波長依存性は、融着前の図3に示す場合に比べて、長波長側のMFDが短波長側に比べてより大きくなるため、光ファイバAと光ファイバBのMFDの比は長波長側が短波長側より小さくなる。これにより

(1) (2)式からわかるように長波長側の損失量は理論値に比べて小さくなる。

【0030】本願発明者は、減衰用光ファイバ4の長さが損失量に与える影響を調べるため、減衰用光ファイバ4の長さを異ならせた固定減衰器1を用いて、波長による損失量がどのように変化するかを調べた。ここでは、表1に示すケース3の光ファイバの組み合わせでMFDが4.43 $\mu$ mと小さい側の光ファイバBを減衰用光ファイバ4に用いた固定減衰器を使用した。

【0031】図4、図5は、減衰用光ファイバ4としてそれぞれ長さ3mm、9mmの光ファイバを使用したときの損失の波長依存性を示したグラフである。減衰用光ファイバ4の長さが3mmと短いときには、図4に示されるように、波長によって損失量が振動するいわゆるビート現象がみられる。しかし、減衰用光ファイバ4の長さを9mmと長くすると、図5に示されるようにこのビート現象はほとんどみられなくなる。

【0032】通信用に使用される帯域である波長1.3 $\mu$ m～1.6 $\mu$ mの領域でのこの損失量の極小値とこれに隣接する極大値との差の最大値を損失の短周期変動量と定義し、減衰用光ファイバ4の長さを変えたときのこの短周期変動量の変化をプロットしたグラフを図6に示す。減衰用光ファイバ4が長くなるほど、この短周期変

動量が減少することが確認された。これは、減衰用光ファイバ4の長さが短いと、減衰用光ファイバ4のクラッド部分に放射された光が、クラッド部分を伝搬して再度出力ファイバ3側のコアで再結合するためと思われる。減衰用光ファイバの長さを5mm以上とすれば、この再結合による短周期変動量は0.5dB未満となるため好ましい。また、8mm以上ならば、短周期変動量は0.1dB以下でほぼ一定となり、さらに好ましい。

【0033】以上の説明では、コネクタフェルール中に減衰用光ファイバ及びこれに融着接続された入出力ファイバを固定している実施形態について説明してきた。しかし、図7に示されるようにコネクタフェルールを使用せず、通信ライン中の入出力ファイバ2、3の間に減衰用光ファイバ4を融着接続する形式をとることも可能である。この形式では、光ファイバの敷設現場での取り扱いを容易にし、減衰用光ファイバ4の接続をより確実にするため、減衰用光ファイバ4の両端に通信ラインと同等の光ファイバからなる入出力ファイバ2、3を予め融着接続した光ファイバ素子を製作しておき、この光ファイバ素子を用いることが好ましい。

【0034】融着接続を行わずに、図8に示されるように減衰用の異種光ファイバ4のみをコネクタフェルール5中に固定するコネクタ接続形式も考えられるが、この形式では、コネクタ接続の際の軸ずれに起因する損失が大きな問題となる。図9は、同種ファイバ同士又は異種ファイバをそれぞれ接続したときの軸ずれ量に対してそれに起因する損失量を比較したグラフである。ここで、異種ファイバの組み合わせは表1のケース1に該当し、同種ファイバの組み合わせはこのケース1のファイバのうち光ファイバAを2本接続したものである。

【0035】図9より、異種光ファイバを結合したときのほうが、同種の光ファイバを結合したときよりも同じ軸ずれ量でも損失が大きい事がわかる。したがって、コネクタ部分における軸ずれに起因する損失を低下させるためには、コネクタの入出力部分を入出力側にそれぞれ接続する信号ラインと同種の光ファイバを融着接続しておく前述の図1に示される実施形態が好ましいことがわかる。

【0036】また、以上の説明では、光ファイバ型固定減衰器の入出力光ファイバ及び異種光ファイバにステップインデックスコア型の光ファイバを用いた実施形態について説明してきた。通常の光伝送路は、比屈折率差が0.25~0.4%のステップインデックスコア型光ファイバで構成されているため、固定減衰器の入出力用光ファイバ及び異種光ファイバには、同種のステップインデックスコア型光ファイバを用いることが望ましい。しかし、分散シフトファイバのような構造の光ファイバを用いた光伝送路で使用する固定減衰器内の光ファイバには、ステップインデックスコア型光ファイバではなく同種の屈折率分布構造の光ファイバを用いることが好まし

い。

【0037】ここで、同種の屈折率分布構造とは、図10に示されるように、入出力光ファイバ2、3の径方向の位置 $r$ における比屈折率差の分布が $n_1(r)$ 、減衰用光ファイバ4の径方向の位置 $r$ における比屈折率差の分布が $n_2(r)$ でそれぞれ示されるとき、以下の関係をほぼ満たすことをいうものとする。

$$n_2(r) = n_{\max 2} / n_{\max 1} \times n_1(a_1 r / a_2)$$

ただし、 $0 < r < \min(r_0, a_2 r_0 / a_1)$

ここで、 $a_1$ 、 $a_2$ は入出力光ファイバ2、3と減衰用光ファイバ4のそれぞれのコア半径、 $n_{\max 1}$ 、 $n_{\max 2}$ はそれぞれの最大比屈折率差、 $r_0$ は光ファイバの外半径を示すものである。つまり、減衰用光ファイバ4の比屈折率差の分布形状は、入出力光ファイバ2、3の比屈折率差の分布形状を半径方向及び比屈折率差方向のそれぞれについて独立に拡大あるいは縮小した形状となっている。この関係を満たさない時には、光ファイバ内の電界パワー分布形状が異なるために、光の導波パターン等が異なってきたり、波長による損失の違いが発生する。一方、この関係を満たす時には、光ファイバ内の電界パワー分布はいずれの波長においても両方の光ファイバで同様の形状になる。したがって、MFDの波長依存性の傾向も同様になり、損失量の波長依存性が低下して好ましい。

#### 【0038】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明によれば、通信ラインの間にMFDの異なる異種光ファイバを融着接続することにより、光量を減衰することができ、この異種光ファイバは遮断波長が他の光ファイバよりMFDが小さい場合は長く、大きい場合は短く設定されているので、通信ラインの光ファイバと異種光ファイバのMFDの比の波長による変化が打ち消されて、減衰率の波長依存性が低減される。したがって、波長依存性の小さい固定減衰器が提供できる。

【0039】また、異種光ファイバとこれに融着接続された入出力光ファイバをコネクタフェルール中に固定すれば、コネクタ型の固定減衰器として用いることができるため、取り扱いが容易になり、さらに、接続時の軸ずれ損失を軽減することができる。

【0040】これらの装置で、異種光ファイバの遮断波長を使用波長よりも短いものとすれば、使用波長で単一モード条件が満たされるので、モード変換が起こることがなく、使用波長帯域での損失の波長依存性がより低減される。

【0041】あるいは、異種光ファイバを入出力光ファイバと同種の屈折率分布構造を有する光ファイバとすれば、ファイバ内の電界パワー分布形状が同等になるので、損失の波長依存性が低減される。

【0042】特に、通常の光伝送路と同種の屈折率構造を有するようにするためには、異種光ファイバをステッ

プインデックスコア型光ファイバとすればよい。

【0043】また、異種光ファイバのファイバ長を5mm以上とすれば、異種光ファイバで漏洩した光の再結合が防止されるので、短周期変動がなくなり、減衰率の波長依存性がさらに低減される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る光ファイバ型固定減衰器の断面構造図である。

【図2】異種光ファイバの接続損失の実験結果を示すグラフである。

【図3】接続後の異種光ファイバ各々のMFDの波長依存性を示すグラフである。

【図4】長さ3mmの減衰用光ファイバを用いた固定減衰器の損失量の波長依存性を比召すグラフである。

【図5】長さ9mmの減衰用光ファイバを用いた固定減衰器の損失量の波長依存性を比召すグラフである。

【図6】減衰用光ファイバの長さ短周期変動量の関係を示すグラフである。

【図7】通信ライン中に減衰用光ファイバを固定する本発明の他の実施形態を示す概略図である。

【図8】減衰用光ファイバのみをコネクタフェルール中に固定した固定減衰器を示す断面構造図である。

【図9】光ファイバの軸ずれ量に起因する損失量を比較したグラフである。

【図10】同種の屈折率分布構造についての説明図である。

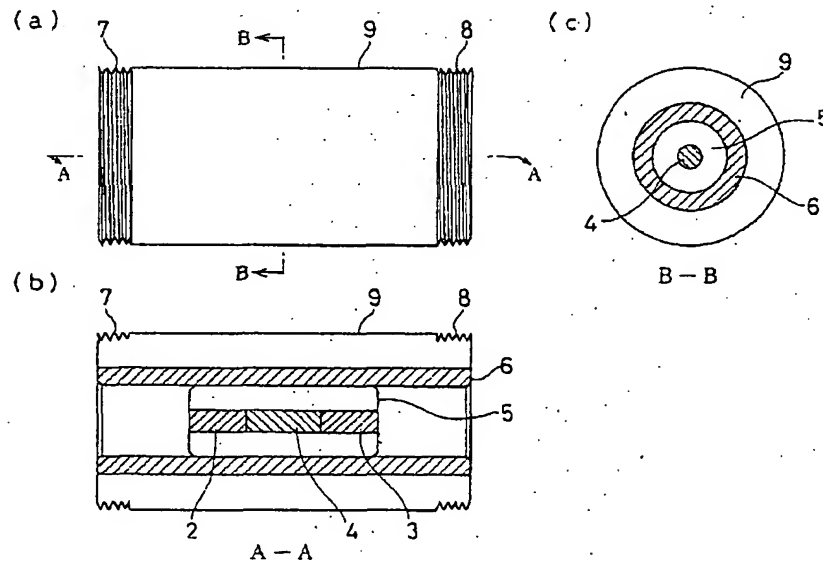
【図11】MFDの異なる光ファイバを接続した光ファイバ型固定減衰器の従来例を示す図である。

【図12】異種光ファイバの接続損失の理論計算結果を示すグラフである。

【符号の説明】

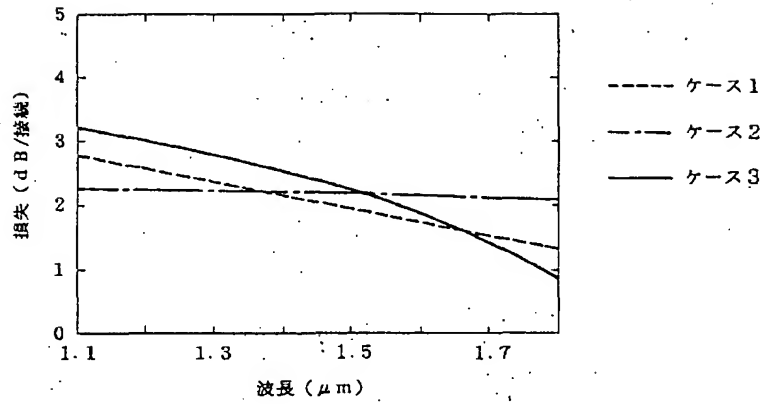
1…光ファイバ型固定減衰器、2…入力用光ファイバ、3…出力用光ファイバ、4…減衰用光ファイバ、5…フェルール、6…スリーブ、7、8…締結具、9…ハウジング、21、22…光ファイバ。

【図1】

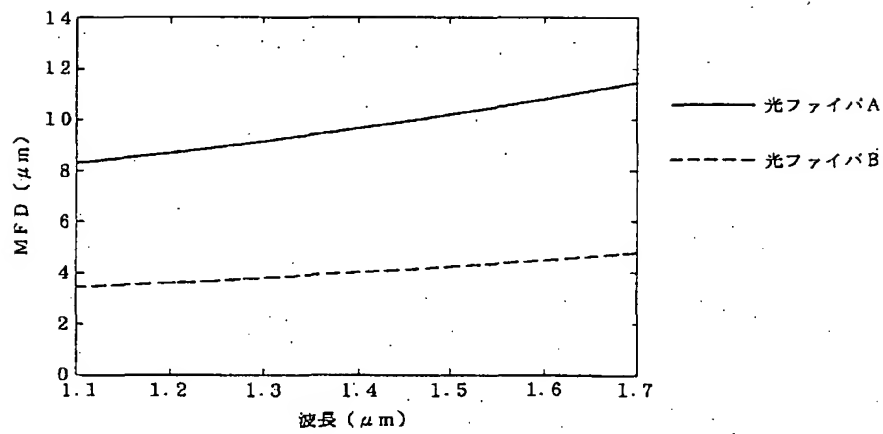




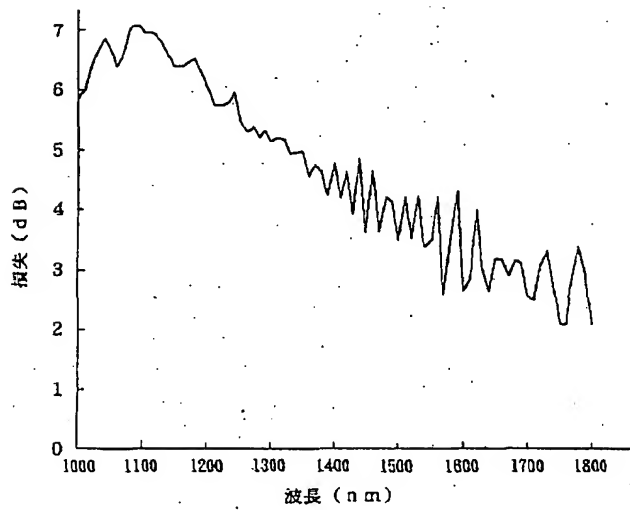
【図2】



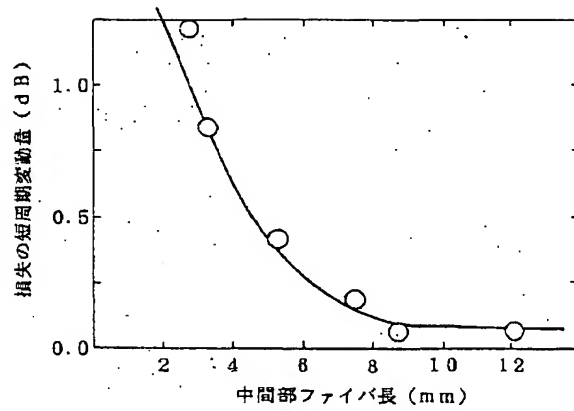
【図3】



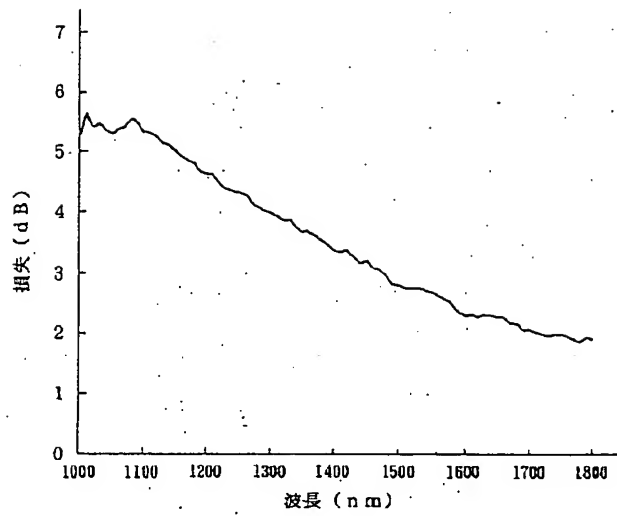
【図4】



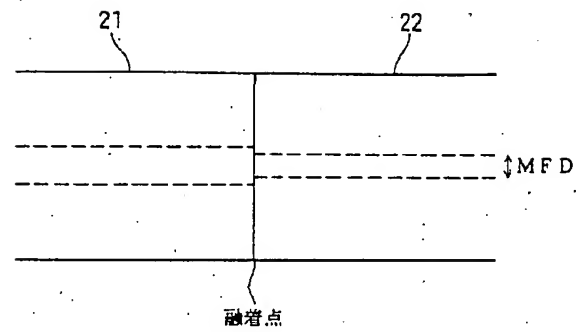
【図6】



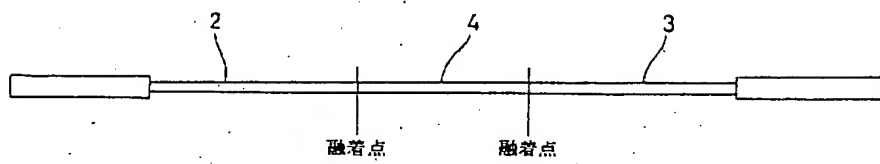
【図5】



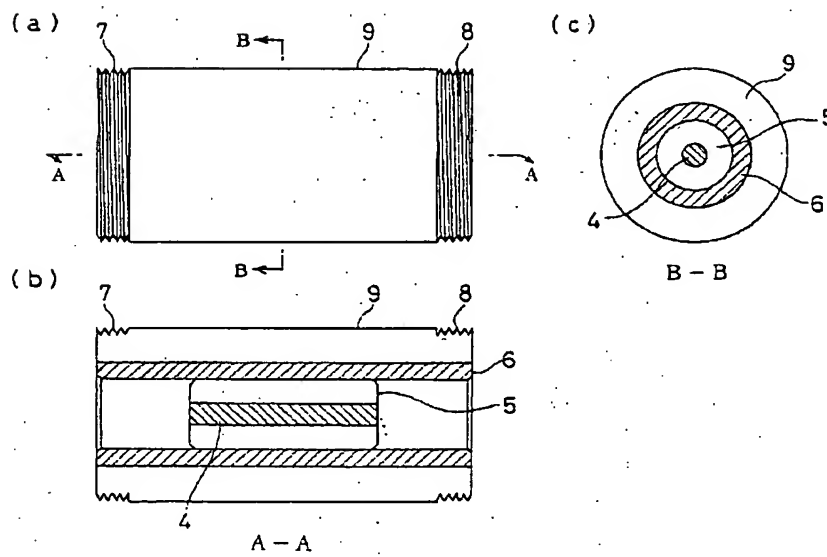
【図11】



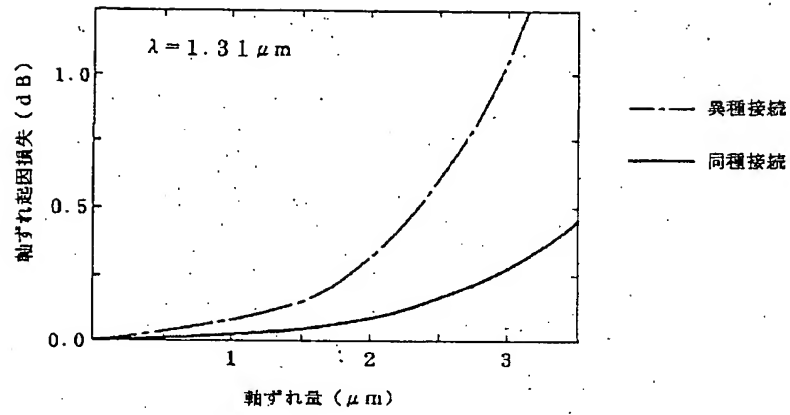
【図7】



【図8】

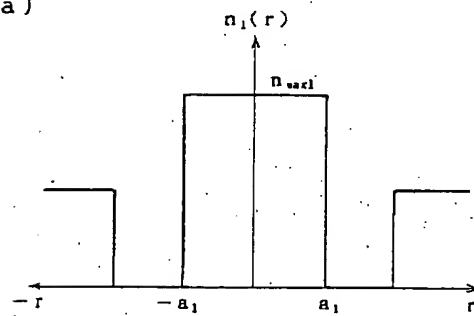


【図9】

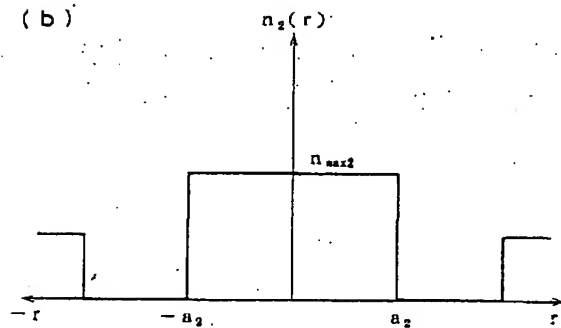


【図10】

(a)



(b)



【図12】

